

### SS8 : 압전 TGG 결정립 배향 기술 심포지엄

#### SS8-1 | TGG 공정을 이용한 초음파 트랜스듀서용 고성능 Hard 압전재료 개발연구

송현철<sup>1</sup>, 허성훈<sup>1</sup>, \*강중윤<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술연구원

압전재료는 기계적 에너지를 전기적 에너지로 상호 변환시킬 수 있는 스마트 재료로서, 액추에이터, 센서, 소나, 레조네이터 등 산업 전반에 걸쳐 널리 사용되고 있습니다. 현재까지 압전재료 기술은 압전 특성 향상을 위한 조성 개발 위주의 연구가 주를 이루어 왔으며, 이러한 개발 방식은 속도가 굉장히 느리며, 기술개발에서 산업화까지 많은 시간과 노력이 소요되었습니다. 압전재료의 조성 개발만으로 특성값을 향상시키는데는 분명한 한계가 있으며, 이를 타파할 수 있는 Breakthrough 기술개발이 크게 요구되고 있습니다. Templated grain growth(TGG) 기술은 다결정 압전재료의 결정립을 한 방향으로 정렬시킴으로써, 단결정과 유사한 도메인 정렬 구조를 만들어 기존 다결정 압전재료 대비 압전 특성을 1.5 ~ 2배 이상 향상시킬 수 있는 공정이다. 또한, TGG 공정은 다결정 재료를 이용하기 때문에 압전 단결정의 가장 큰 문제점이었던 취성을 해결할 수 있다. 본 발표에서는 기존에 주로 Soft 압전재료에만 적용되어왔던 TGG 공정기술을 Hard 압전재료에 적용시켜, 높은 기계적 품질계수( $Q_m$ )를 가지면서도 우수한 압전상수( $d_{33}$ )를 가지는 hard 압전재료 개발 진행한 결과와 이를 이용한 초음파 트랜스듀서 개발에 대한 내용을 발표할 예정이다.

#### SS8-2 | TGG 기반 고성능 압전 다결정 제조를 위한 seed 합성기술 개발

\*최종진<sup>1</sup>, 문영국<sup>1</sup>, 차현애<sup>1</sup>, 장종문<sup>1</sup>, 안철우<sup>1</sup>, 한병동<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국재료연구원

Templated grain growth(TGG) 기술은 다결정 압전재료의 결정립을 한 방향으로 정렬시켜, 단결정과 유사한 도메인 정렬을 통해 기존 다결정 압전재료 대비 압전 특성을 1.5-2배 향상시킬 수 있는 획기적인 공정 기술임에도 불구하고, 아직 상용화되지 못하고 있음. TGG 기술이 상용화 되지 못하고 있는 것은 TGG 공정기술의 핵심인 대상 소재 맞춤형 seed 제조 기술의 상용화가 이루어지지 못한 영향이 큼.

2차원 형상의 seed를 제조하는 것은 페로브스카이트 구조 측면에서 근본적으로 어려운 기술일 뿐만 아니라, 현재까지 개발된 2차원 형상의 seed 조성 역시 제한적이고, seed 자체의 압전특성에 대한 연구가 전혀 진행되지 않았기 때문에 광범위한 조성을 지닌 배향 압전 세라믹스에 일반적으로 적용하는데 어려움이 있음. 따라서 개발방향에 맞추어 양산 가능한 대상 소재 맞춤형 고배향, 고압전성을 지닌 seed ( $BaTiO_3$ 계,  $(K,Na)NbO_3$ 계,  $PbTiO_3$ 계 등) 제조 기술 개발이 우선적으로 필요한 실정임. 본 발표에서는 TGG 기술 상용화를 위해, 기존에 보고되지 않은 우수한 압전 물성을 가지는 단결정의 시드 ( $(K,Na)NbO_3$ 계,  $PbTiO_3$ 계 등) 제조 공정 및 특성 분석 결과와 함께 개발된 시드의 응용을 위한 연구 제안을 포함하고자 함.

#### SS8-3 | 압전 액추에이터 응용을 위한 [001] 결정립 배향성을 갖는 $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - $PbZrO_3$ - $PbTiO_3$ 멀티레이어 세라믹의 구조 및 변위 특성

\*정영훈<sup>1</sup>, 이민진<sup>1</sup>, 조성욱<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>한국세라믹기술원, <sup>2</sup>성균관대학교

Microstructure and electrostrain characteristics of [001] textured  $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - $PbZrO_3$ - $PbTiO_3$  (PNN-PZT) multilayer ceramics were investigated for piezoelectric actuator applications. Preliminary, 2 vol%  $BaTiO_3$  (BT)-templated PNN-PZT ceramic, which was sintered at relatively low temperature of 1000°C for 15 h, was successfully textured with high degree of preferred orientation ( $f_t=85\%$ ). It also exhibited excellent piezoelectric properties of  $d_{33}$  (1180 pC/N),  $k_p$  (80.3%), and  $d_{33}^*$  of 1215 pm/V. All 11 layers of the textured PNN-PZT ceramics and Ag/Pd electrode comprised the piezoelectric ceramic actuator. After cofiring at 1000°C for 15 h, the multilayer ceramic was mechanically durable and electrically stable without short-connection. However, its cross-sectional texture morphology was slightly different from that of single layered PNN-PZT texture ceramic. Additionally, its electrostrain, obtained at 1 kV/mm was 1015 pm/V, was significantly degraded due to the immature texture morphology, compared to the single layered one. This result suggests that new strategies are required to develop multilayer piezoelectric actuators using textured ceramics. Details on the strategy will be discussed.

#### SS8-4 | 액추에이터 OLED 일체화 구조 설계

\*강형원<sup>1</sup>, 서인태<sup>1</sup>, 조유리<sup>1</sup>, 김호연<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국전자기술연구원

선진 자동차의 내부 구조를 보면 기존 물리버튼들이 존재하던 공간이 하나의 대형 디스플레이로 변화되고 있음을 알 수 있다. 따라서 운전자가 조정하던 모든 물리 버튼들이 디스플레이 안으로 자리하게 되었다. 이렇게 되면 운전자들은 기존 버튼 조정에 따른 물리적인 느낌을 디스플레이 평면상에서 버튼 대신 존재하는 UI(User Interface)를 터치할 때 느껴야하기 때문에 터치에 따른 진동감을 운전자들에게 주어야 제대로 터치했음을 인지하게 된다. 터치에 따른 진동감을 주는 것을 햅틱이라고 하는데 이러한 햅틱 기능은 현재 벤츠, 아우디 등의 상위 모델들에 2021년부터 적용되고 있다. 햅틱을 연구하는 학문 중에는 휴먼 햅틱스라고 하는 것이 있는데 이것은 피실험자들에게 구현한 햅틱감과 실제 감의 일치 여부를 탐구하는 영역으로 본 발표에서는 휴먼 햅틱스를 기반으로 하여 햅틱용 압전 액추에이터 몇 개를 OLED의 어느 위치에 부착하여야 사용자들이 디스플레이 전체적으로 유사한 진동감을 느낄 수 있는 지를 발표하고자 한다. OLED 디스플레이를 9분할한 후 9개 부분에 압전 액추에이터가 장착된 것으로부터 개수와 위치를 변화시켰을 때 디스플레이에서 발생하는

진동가속도를 시뮬레이션하였다.

### SS8-5 | 압전 트랜스듀서 및 응용 기술 개발

\*채민구<sup>1</sup>

<sup>1</sup>아이에스테크놀로지(주)

고령화 사회로의 전환과 소득수준의 향상은 전 세계적으로 의료 / 미용 시장의 증가를 가져오고 있고 그 중에서 의료 분야의 초음파 커터, HIFU로 대표되는 의료 및 미용 분야의 초음파 압전 트랜스듀서 시장은 급성장 중에 있다. 이러한 시장에서 요구되는 트랜스듀서의 가장 큰 특징은 사용 중 발열에 의한 부작용 감소에 있다. 또한, 산업 계측 시장 부문에서 초음파를 이용한 계측용 압전 트랜스듀서의 사용도 지속적으로 증가하고 있으며 낮은 구동전압에서 높은 압전성을 요구하고 있다. 이러한 시장의 요구 조건을 만족하기 위해서는 저전압 구동에 의한 높은 출력 특성을 가질 수 있는 고성능 압전 특성이 반드시 필요하다. 또한, 시장 확대에 따른 대중화를 위해 낮은 생산 단가도 고려되어야 한다. 본 과제인 TGG(Template Grain Growth) 기반의 압전 재료 양산화 공정 기술 개발은 지속적인 생산성 향상의 과정을 거쳐야 비로서 대량생산의 기반이 조성되며 종래의 다결정 세라믹을 대체하여 고성능의 압전 트랜스듀서를 공급할 수 있을 것으로 기대한다. 이를 위해 고부가 가치의 특수목적용 시장에서 사용되고 있는 압전 트랜스듀서의 개발을 우선 진행하였다. TGG 기반의 압전 재료를 제작하기 위한 모재료 (PMN-PZT / PZN-PZT) 를 활용하여 해양에서 반드시 필요하며 높은 성능과 내구성이 요구되고 있는 수중 무기 체계의 소나용 압전 트랜스듀서, 일부 해외 업체가 독점하고 있는 소모성 부품인 반도체 공정 장비용 압전 트랜스듀서의 개발을 우선 진행하여 TGG 기반 압전 재료의 성장 기반을 마련하려고 한다.

### SS8-6 | TGG 기반 적층형 압전 액추에이터 양산화 기술 개발

오창우<sup>1</sup>, \*이종현<sup>1</sup>

<sup>1</sup>아모센스

고성능 압전 소재/부품 개발에는 많은 기술적 노하우가 필요하며, 이를 양산화하기 위해서는 더 많은 시간과 노력이 필요하다. 최근, 다결정 압전 소재부품 분야에서는 압전재료의 결정립을 한 방향으로 정렬시켜 압전재료의 특성을 크게 향상시킬 수 Templated grain growth(TGG) 공정 기술이 크게 각광받고 있다. 그러나, 현재까지 전세계적으로 TGG 기술을 양산화시켜 이를 상용화에 성공한 사례는 전무한 실정이다. TGG 기반 압전 소재 양산화에 성공할 경우, 일본/독일 등 경쟁사 대비 우수한 성능의 압전 제품의 개발이 가능하고 이를 통한 엄청난 규모의 수입대체 및 수출 증대 효과가 있을 것으로 예상된다. TGG 기술은 Tape casting 공정을 기반으로한 MLCC 공정과 유사한 특징이 있지만, Seed를 분산/정렬시키고, 결정립을 성장시키는 새로운 공정기술 개발이 필수적으로 요구된다. 본 발표에서는 (주) 아모센스에서 현재까지 진행하고 있는 TGG 양산화 공정기술 개발과 이를 활용한 적층형 압전 액추에이터 개발에 대한 연구결과를 발표할 예정이다.